

**DIE PROBLEME DER DARSTELLUNG DER
BEWEGLICHKEIT DER KONDYLENGELENKE
IM RÖNTGENBILD**

Herbert Pfanner

1973



Digitized by the Internet Archive
in 2026

AUS DER PSYCHIATRISCHEN KLINIK DER
UNIVERSITÄT MÜNCHEN
DIREKTOR: PROF. DR.H. HIPPIUS

DIE PROBLEME DER DARSTELLUNG DER BEWEGLICHKEIT DER
KONDYLENGELENKE IM RÖNTGENBILD

Inaugural-Dissertation
zur Erlangung der Doktorwürde in der Zahnheilkunde
verfaßt und
einer Hohen Medizinischen Fakultät
der Ludwig-Maximilians-Universität zu München

vorgelegt von
Herbert P f a n n e r
aus Murnau
München 1973

Gedruckt mit Genehmigung der Medizinischen
Fakultät der Universität München

Berichterstatter: Prof. Dr. K. Decker

Mitberichterstatter: Prof. Dr. H. Hippus

Dekan: Prof. Dr. Spann

Tag der mündlichen Prüfung: 10. Juli 1973



DISSERTATIONS- UND FOTODRUCK FRANK oHG
8 München 2, Gabelsbergerstraße 15, Tel. 2 8 0 9 0 9 0

Meinen Eltern

in Dankbarkeit gewidmet

Die vorliegende Arbeit wurde an der neuroradiologischen Abteilung der Psychiatrischen Klinik der Universität München in der Zeit vom Januar 1970 bis Ende Februar 1972 durchgeführt, erfuhr durch die Einberufung zur Bundeswehr eine Unterbrechung und wurde dann bis zum Jahresbeginn 1973 fertiggestellt.

Herrn Prof. Dr. K. DECKER möchte ich meinen herzlichen Dank aussprechen für die Überlassung des Themas, die wertvollen Anregungen und die großzügige Betreuung der Arbeit.

Mein besonderer Dank gilt auch Herrn Prof. Dr. H. Frick für die Bereitstellung mehrerer anatomischer Präparate.

Herzlich danken möchte ich ferner allen Mitarbeitern der neuroradiologischen Abteilung für ihr freundliches Entgegenkommen während der Durchführung der Untersuchungen.

I	EINLEITUNG UND ZIELSETZUNG	1
II	DIE ANATOMIE DER KONDYLENGELENKE EINSCHLIESSLICH IHRER BEZIEHUNGEN ZUR NACHBARSCHAFT	2
	1) Die artikulierenden Flächen	
	2) Gelenkkapseln, Bänder, Schleimbeutel	
	3) Gefäß- und Nervenversorgung	
	4) Gelenkmechanik	
III	DIE BESTIMMUNG DER BEWEGLICHKEIT DER KONDYLENGE- LENKE DURCH DAS RÖNTGENBILD	11
	1) Eigene Röntgenaufnahmen von anatomischen Prä- paraten	
	2) Projektionsmöglichkeiten	
	3) Bewegungsuntersuchungen	
IV	VERSUCH DER BEWEGLICHKEITSDARSTELLUNG DER KONDY- LENGELENKE IM RÖNTGENKINOFILM	17
	1) Indikationen für Röntgenkinoaufnahmen	
	2) Versuchsanordnung- und methode	
	3) Technische Daten	
	4) Ergebnisse	
V	ZUSAMMENFASSUNG	20
VI	LITERATURVERZEICHNIS	21

I. EINLEITUNG UND ZIELSETZUNG

Die Probleme bei der Beweglichkeitsdarstellung der Kondylengelenke im Röntgenbild beanspruchen mit Recht unser Interesse, da diese sicher nicht von den entzündlichen und degenerativen Prozessen anderer Gelenke verschont bleiben. Gemeinsam mit den verschiedenen Traumen und Entwicklungsstörungen des okzipito-zervikalen Überganges sind das Vorgänge, die zu Bewegungsstörungen und Beschwerden führen können, welche differentialdiagnostisch schwer abzuklären sind.

Wesentliche Zusammenhänge bestehen mit neurologischen Störungen. Krankheitsbilder ähnlich einer Syringomyelie oder multiplen Sklerose können durch eine pathologische Beweglichkeit des Axiszahnes bedingt sein.

Ein sicherer Weg zur röntgenologischen Erfassung der Bewegungsvorgänge, vor allem des schwer zugänglichen oberen Kopfgelenkes ist unbestreitbar wichtig, aber noch kaum gefunden. Diesem Ziel einen Schritt näher zu kommen, dient die vorliegende Arbeit.

Ein näheres Eingehen auf die Anatomie ist notwendig, da die Röntgenologie ohne genaue Vorstellungen von der Lage des zu untersuchenden Gebietes, in diesem Fall auch der Gelenkmechanik, nicht auskommen kann. Wenn röntgenseitig eine bewußte Beschränkung auf die Kondylengelenke erfolgte, so muß wegen der Untrennbarkeit der Bewegungsvorgänge im allgemeinen Teil auch die Verbindung zwischen Atlas und Axis besprochen werden.

II. DIE ANATOMIE DER KONDYLENGELENKE EINSCHLIESSLICH IHRER BEZIEHUNGEN ZUR NACHBARSCHAFT

1) Die artikulierenden Flächen

Im oberen Kopfgelenk, *Articulatio atlanto-occipitalis* gelenken die paarigen Hinterhauptscondylen mit den entsprechenden Gelenkpfannen des Atlas. Nach Fick (1904) kann man die *Condyli occipitales* als symmetrische Abschnitte ein und desselben geometrischen Körpers betrachten und zwar sollen die Gelenkflächen die Oberflächenabschnitte eines einzigen quergestellten, ei- oder zitronenähnlichen Körpers darstellen. Knese (1949) bestreitet dies und beschreibt die Hinterhauptscondylen als zwei gesonderte, nur annähernd symmetrische Gebilde.

Die Längsachsen der Kondylen, bestimmt durch die größte Längenausdehnung vom ventro-medialen zum dorso-lateralen Zipfel, bilden einen Winkel von 55° - 60° . Damit sind die ventralen Enden im Mittel etwa 21 - 25 mm von einander entfernt, die dorsalen 30,5 - 34 mm, hierin decken sich die Angaben der obengenannten Autoren.

Die Begrenzung der Kondylen ist länglich-oval und oft auf der medialen, gelegentlich auch auf der lateralen Seite konkav eingeschnitten, demnach etwa bohnenförmig gestaltet. Varietäten in der Form der Gelenkhöcker wie auch der Atlaspfannen sind nach Fick sehr zahlreich, besonders häufig eine Trennung der Gelenkflächen in einen größeren vorderen und einen kleinen hinteren Abschnitt durch quere Leisten oder Furchen. Knese stellt zwei Extremformen besonders heraus, zum einen flache, rundliche, nicht band- oder bohnenförmige, sondern gleichmäßig gekrümmte Kondylen, bei denen der transversale Durchmesser dem fronto-occipitalen

etwa gleichkommt; zum anderen Kondylen mit einer scharfen transversalen Kante, von der aus kaum gekrümmte Flächen nach ventral und dorsal abfallen und die Gelenkflächen nahezu prismatisch werden lassen. Dazwischen finden sich alle Übergangsformen.

Der Querdurchmesser der Gelenkflächen zwischen Occiput und Atlas liegt mit seinem lateralen Ende etwas höher als mit seinem medialen, genau umgekehrt verhalten sich die artikulierenden Flächen der Atlas-Axis-Seitengelenke, dadurch kommt das typische doppelt keilförmige Aussehen des Atlas im Frontalschnitt und im dementsprechenden Röntgenbild zustande.

In Bezug auf das Foramen magnum ossis occipitalis liegen die ventralen Enden der Kondylen etwas vor dem vorderen Rand des Foramen, die dorsalen Enden aber entsprechen etwa der Mitte desselben.

Der sagittale Krümmungsradius der Kondylen beträgt nach Knese (1949) für den ventralen Abschnitt 13 mm, für den dorsalen 21 mm, in transversaler Richtung ergibt sich ein Radius von 47 mm. Die Werte von 13 mm für die sagittalen und 47 mm für die transversalen Radien findet man sowohl bei den cranialen Atlaspfannen als auch bei den Atlas-Axis-Seitengelenken wieder. Die Sagittalprofile der cranialen Atlaspfannen entsprechen also nur den flacheren dorsalen Teilen der Kondylen. Dies findet seine Erklärung in der größeren Ausdehnung der Kondylengelenkflächen in eben dieser sagittalen Richtung, was dem nicht unerheblichen Umfang des Drehgleitens der Kondylen in den Pfannen dient.

Im unteren Kopfgelenk, Articulatio atlanto-axialis finden sich vier Stellen wo Knochen in schleifendem Kontakt stehen. Auf jeder Seite ist die untere At-

lasgelenkfläche mit der oberen Axisgelenkfläche, die zum Teil auf dem Körper, zum Teil auf der Bogenwurzel liegt, zu einem Gelenk verbunden. Der Axiszahn ist von einem vorn knöchernen, hinten fibrösen Ring (Ligamentum transversum atlantis) umgeben, mit dem er sowohl auf der vorderen Seite, als auch auf der Rückseite in schleifender Berührung steht. Dabei sind die Gelenkflächen an der Vorderseite des Axiszahnes und der Rückseite des vorderen Atlasbogens elliptisch begrenzt, die Krümmung ist konvex bzw. konkav und etwa zylindrisch, die Krümmungsachse ist mit der Längsachse des Axiszahnes identisch, diese steht übrigens etwas schräg nach hinten geneigt, ungefähr der Halslordosenkrümmung entsprechend. Die Gelenkfläche auf der Hinterseite des Dens axis ist meist aufrecht oval, ihre Krümmung ebenfalls zylindrisch, die Krümmungsachse entspricht bei der *Articulatio dentis anterior* der Axiszahn längsachse. Am Atlasquerband findet sich eine in Größe und Form entsprechende Gelenkfläche. Der ganze Ring, der den Axiszahn umfaßt, ist nach unten hin trichterförmig verengt, oben elliptisch begrenzt, an der Unterseite des Trichters aber nahezu kreisrund.

2.) Gelenkkapseln, Bänder, Schleimbeutel.

Eine Eigentümlichkeit der Verbindung zwischen den beiden ersten Halswirbeln unter sich und mit dem Hinterhaupt sind die *Membranae atlanto-occipitales* bzw. *atlanto-axiales*. Fick nennt sie "Verstopfungshäute", eine Bezeichnung, die ihren Zweck hinreichend beschreibt. Die *Membrana atlanto-occipitalis anterior* erstreckt sich zwischen Hinterhauptsbein und ventralem Atlasbogen, die *Membrana atlanto-occipitalis posterior* verschließt den Raum zwischen Hinterhaupt und dorsalem Atlasbogen. Seitlich gehen beide Membranen in die entsprechenden Gelenkkapseln

über. Die Membrana atlanto-axialis anterior ist erheblich schmaler als die obere, sie füllt die Knochenspalte zwischen dem unteren Rand des vorderen Atlasbogens und dem oberen Rand des vorderen Axiskörpers, seitlich geht sie direkt in die Gelenkkapseln des unteren Kopfgelenkes über. Die Lücke zwischen dorsalem Atlas- und Axisbogen wird von der Membrana atlanto axialis posterior verschlossen. Den ventralen "Verstopfungshäuten" aufgelagert findet man den Ursprung des Ligamentum longitudinale anterior, ein derber Strang, der öfter durch einen Schleimbeutel von der Membran getrennt ist.

Die Gelenkkapseln des oberen Kopfgelenkes sind vorn und hinten ziemlich schlaff und schließen nach Fick am Occiput lateral und medial, am Atlas lateral und dorsal nicht überknorpelte Knochenstreifen mit in die Gelenkhöhlen ein. Medial sind die Kapseln sehr zart, werden aber durch nicht unmittelbar zur Kapsel gehörige Bandzüge, wie die Ligamenta alaria und die Membrana tectoria (s.u.) gesichert. Mit den lockeren, venenreichen Bindegewebe des Wirbelkanals stehen die medialen Kapselwände direkt in Verbindung. Verstärkende Bandzüge lassen sich an ventraler und dorsaler Kapselwand herauspräparieren, Fick nennt je ein vorderes und hinteres Verstärkungsband, die allerdings von vielen Autoren nicht als selbständige Bänder anerkannt werden. Auch die Kapseln des seitlichen Atlas-Axisgelenkes sind relativ schlaff und setzen mit Ausnahme der Innenseite, ziemlich weit vom Knorpelrand entfernt bis zur Querfortsatzwurzel hin an, so liegen fast die ganzen seitlichen Gelenkfortsätze von Atlas und Axis intrakapsulär.

Die Articulatio dentis anterior ist von einer zarten Gelenkkapsel umgeben, sie befestigt sich in einer

die Gelenkflächen von Atlas und Axis umgebenden Rinne. Da die *Facies articularis anterior dentis* meist die entsprechende Atlasgelenkfläche etwas nach unten überragt, würde der Dens hier mit der *Membrana atlando-axialis anterior* artikulieren, wenn sich hier mit die Kapsel schleimbeutelartig dazwischenschieben würde. Die Gelenkhöhle hat häufig auch nach oben eine Aussackung unterhalb und vor dem hier befindlichen *Ligamentum apicis dentis*, die man als *Recessus* des vorderen Zahn-gelenkes bezeichnen kann.

Die Kapsel der *Articulatio dentis posterior* ist ebenfalls sehr zart. Sie entspringt dicht am Rand der *Facies articularis posterior dentis* und steht am Atlasquerband meist in offener Verbindung mit Schleimbeuteln, die den Dens axis umgeben. Viele Autoren bezeichnen deshalb die *Articulatio dentis posterior* auch nur als Schleimbeutel. Häufig stehen diese seitlichen Schleimbeutel mit der *Articulatio dentis anterior*, fast immer mit den seitlichen Axisgelenken in Verbindung. An der Rück- und Seitenfläche des Dens axis findet sich ein sogenannter Spitzenschleimbeutel, in den man meist von der Gelenkhöhle aus gelangen kann.

Das obere Kopfgelenk besitzt keinen eigenen Bandapparat, ist aber in seinem Bewegungsausmaß von den Bändern des unteren Kopfgelenkes mit abhängig, sie sollen daher hier ebenfalls besprochen werden.

Das bereits erwähnte, sehr starke *Ligamentum transversum atlantis* entspringt von inneren wazrenförmigen Höckern der *Massae laterales* des Atlas und durchquert dessen *Foramen vertebrale*. Es schützt das Rückenmark vor dem Axiszahn. Das Querband ist mit an der trichterförmigen Umfassung des Dens axis beteiligt, sein oberer Rand ist scharf, der untere mehr abgerundet.

Von der Mitte des Ligamentum transversum aus gehen cranial- und caudalwärts senkrechte, wesentlich schwächere Bandschenkel aus. Das so entstehende, annähernd kreuzförmige Bandsystem führt die Bezeichnung Ligamentum cruciforme atlantis. Die nach oben bzw. nach unten schmaler werdenden Schenkel inserieren in der Mediallinie cranial auf der vorderen Innenseite des Foramen magnum, caudal auf der dem Wirbelkanal zugewandten Seite des Axiskörpers. Das ganze Kreuzband macht einen schildförmigen Eindruck, der noch dadurch betont wird, dass es vom Axiszahn nach hinten vorgewölbt wird.

Drei weitere Bänder nehmen ihren Ursprung am Zahnfortsatz der Axis. Das Ligamentum apicis dentis läuft als sehr dünner Bandstreifen von der Spitze des "Zahnes" zum inneren Rand des Hinterhauptloches. Von den Seitenflächen des Axiszahnes gehen die sehr kräftigen Ligamenta alaria aus. Sie laufen schräg cranialwärts gegen den medialen Rand der Hinterhauptskondylen, um dort in einer entsprechenden Grube anzusetzen. Diese starken Flügelbänder, nach Fick haben sie einen Durchmesser von etwa 8 mm, befestigen die Axis und damit auch die ganze Wirbelsäule direkt am Schädel. Die gesamte Gelenk- und Bandkombination ist gegen den Wirbelkanal hin von einer breiten und flachen, aber festen Fasermasse, der Membrana tectoria, bedeckt. Die Deckhaut geht am Schädel in die Dura mater cranii über, während sie sich caudalwärts in das Ligamentum longitudinale posterior fortsetzt.

Besonders hervorzuheben ist an dieser Stelle das Fehlen von Menisken und Disken in der Gelenkverbindung von Occiput, Atlas und Axis. Funktionell gesehen könnte man allerdings, wie später noch gezeigt werden soll, den Atlas als knöchernen Diskus bezeichnen.

3.) Gefäß- und Nervenversorgung

Nach Fick stammen die versorgenden Gefäße der Articulatio atlanto occipitalis zum größten Teil aus der Arteria vertebralis, zum kleineren aus Hirnhautästen der Arteria pharyngea ascendens, und zwar jener Äste, die durch das Foramen jugulare und den Hypoglossuskanal in den Schädel eindringen.

Nach Untersuchungen von H. Loeweneck (1966) werden die Kopfgelenke im Gegensatz zu allen übrigen Wirbelgelenken, die vom dorsalen Ast versorgt werden, vom Ramus ventralis nervus spinalis sensibel innerviert.

4.) Gelenkmechanik

Die Kopfgelenke bilden bekanntlich eine funktionelle Einheit, was schon daraus ersichtlich ist, daß die kräftigsten Muskeln, die diese Gelenke bedienen, den Atlas überspringen. Weiter weist Knese auf drei wesentliche Punkte hin:

Die enge Verbindung zwischen Schädel und Axiszahn (unter Umgehung des Atlas) durch die Ligamenta alaria.

Die annähernd gleiche Bewegungsgröße im oberen und unteren Kopfgelenk bei der Sagittal- und Lateral-flexion (zumindest im Gelenkpräparat).

Die gleichen Krümmungsradien von Kondylen und lateralen Axisgelenkflächen.

Zur Analyse der Bewegungsmöglichkeiten ist dennoch eine isolierte Betrachtung der einzelnen Gelenke zweckmäßig. Die nächsten Ausführungen folgen weitgehend einer Arbeit von U. Lanz im Münchener Anatomischen Seminar von 1963.

Bei der Sagittalflexion im oberen Kopfgelenk, dem Gleiten der Occipitalkondylen in den Atlaspfannen, liegt der Drehmittelpunkt nicht fest, was auf die unterschiedlichen Krümmungsradien der vorderen und hinteren Kondylenabschnitte zurückzuführen ist. Vielmehr legt die Drehachse eine etwa 1 cm lange,

nach hinten oben leicht konvexe Strecke zurück, die von der Mitte beider Processus mastoidei (bei extremer Ventralflexion) bis an den vorderen oberen Rand der Warzenfortsätze (bei extremer Dorsalflexion) reicht. Die Angaben über den Gesamtumfang der Sagittalflexion reichen von 50° (Fick) über 35° (Strasser) bis zu $28,5^{\circ}$ (Knese). Die Ventralflexion ist dabei wesentlich geringer als die Dorsalflexion. Knese gibt zusätzlich einen Wert von $21,7^{\circ}$ an, den er durch das Röntgenbild ermittelte. Die höheren Werte für die Gelenkpräparate erklärt er durch das Entfernen hemmender Weichteile und die der Muskelkraft des Lebenden überlegene Kraft des Untersuchers.

Als Gelenk mit zwei Graden der Bewegungsfreiheit besitzt die Articulatio atlanto-occipitalis noch die Möglichkeit einer, allerdings geringen Lateralflexion. Die etwa 4° bis 5° mögliche Seitwärtsbewegung wird sehr bald vom Ligamentum alare der Gegenseite begrenzt. Die Achse für die Lateralflexion zieht von der Gegend der Glabella schräg nach unten durch den Hinterrand des Foramen occipitale magnum, liegt also nicht rein sagittal. Eine Erklärung findet sich im dorsalen Krümmungsverhalten der Occipitalkondylen. Die ansteigende Lage dieser Achse läßt bei der Lateralflexion eine gleichzeitige Rotation nach der Gegenseite erwarten, nach Knese mit einem Umfang von 3° .

Im unteren Kopfgelenk erreicht die Sagittalflexion Werte von $25,4^{\circ}$ am Gelenkpräparat und $11,7^{\circ}$ im Röntgenbild (Knese). Während die Seitengelenkflächen aufeinander abrollen, wird der Axiszahn gleichzeitig in der Articulatio dentis anterior auf- und abgeschoben. Während Strasser die Sagittalbewegung im unteren Kopfgelenk eine ungeordnete Wackelbewegung nennt, gibt Knese für sie eine Achse etwa in der Mitte des Axiskörpers an.

Die Lateralflexion im unteren Kopfgelenk erweitert gleichzeitig die Seitneigungsmöglichkeit im oberen Kopfgelenk durch Seitverschiebung des ganzen Atlas. Für die gesamte Lateralflexion in beiden Kopfgelenken wird so ein Wert von 10° - 11° erreicht.

Die Kreiselung des Kopfes findet fast ausschließlich im unteren Kopfgelenk statt, der Atlas rotiert um eine Achse, die mit der Längsachse des Axiszahnes zusammen fällt, also leicht nach dorsal geneigt ist. Die Angaben über den Rotationsumfang schwanken von 45° bis über 80° bei den verschiedenen Autoren.

Es muß betont werden, daß die hier genannten Werte an freipräparierten, aus ihrem Zusammenhang mit der Muskulatur gelösten anatomischen Präparaten gewonnen wurden, während die am Lebenden erhobenen Befunde nach Brocher (1955) in beträchtlichem Ausmaß die Angaben der Anatomen unterschreiten, auf die Zuhilfenahme des Röntgenbildes kann also bei derartigen Untersuchungen nicht verzichtet werden.

III DIE BESTIMMUNG DER BEWEGLICHKEIT DER KONDYLENGELENKE DURCH DAS RÖNTGENBILD

1.) Eigene Röntgenaufnahmen von anatomischen Präparaten

Zu Studienzwecken wurden Röntgenaufnahmen von anatomischen Präparaten des occipito-cervikalen Überganges in sagittalem und transversalem Strahlengang angefertigt. Die zwei Präparate waren so ausgesucht, daß eines genau in der Medianebene geschnitten wurde und neben den ersten vier (halbier-ten) Hals wirbeln einen Processus condylaris nebst angrenzenden Schädelbasisteilen aufwies, während das andere von zwei Frontalebeneu begrenzt war, die gerade die ersten vier vollständigen Halswirbel und den entsprechenden Schädelbasisanteil einschlossen. Die von störenden Weichteilen befreiten Gelenkpräparate lieferten die folgenden Bilder, die als Orientierungshilfen bei der weiteren Arbeit dienten.

Abbildung 1



Röntgenaufnahme des occipito-cervikalen Überganges
in transversalem Strahlengang.

Abbildung 2



Röntgenaufnahme des occipito-cervikalen Überganges
in sagittalem Strahlengang.

2.) Projektionsmöglichkeiten

Kopf, occipito-frontal: Bei der Schädelübersichtsaufnahme in posterior-anteriorem Strahlengang projiziert sich der Gelenkspalt der oberen Kopfgelenke in die Sinus maxillares.

Kopf, halbaxial, nuchofrontal: Stirn und Nase liegen der Filmebene an. Der in der Medianebe~~n~~e verlaufende Zentralstrahl ist unter einem Winkel von 30° kranial gerichtet und trifft etwa drei bis vier Querfinger unterhalb der Protuberantia occipitalis externa auf. Sein Austrittspunkt liegt drei bis vier Querfinger oberhalb des oberen Orbitarandes. Es handelt sich um eine Felsenbeinvergleichsaufnahme. Der Gelenkspalt projiziert sich in dem Bereich der mittleren Schädelgrube.

Kopf, schräg, dextrosinistral: Eine Gesichtshälfte liegt auf der Filmebene, die Medianebene ist im Gesichtsteil der Kassette genähert. Der Zentralstrahl tritt mit einer Neigung von etwa 30° kraniokaudal über der Schläfenbeinschuppe der abliegenden Seite ein. Zu erkennen ist der filmferne Gelenkspalt neben dem filmfernen processus condylaris sowie eine Schrägprojektion des hinteren Atlasbogens.

Tomographie beider Felsenbeine: Der Zentralstrahl zielt durch Occiput und Stirnbein, in der Medianebe~~n~~e verlaufend, bei angezogenem Kinn, Stirn und Nase anliegend, senkrecht auf die Filmebene. Der Fokus-Filmabstand beträgt etwa 130 cm bei einem Schichtabstand von etwa 0,25 cm von anterior nach posterior.

Halswirbelsäule, sagittale Aufnahme: Der Zentralstrahl zielt in der Medianebe~~n~~e in den maximal geöffneten Mund, senkrecht zur Filmebene von anterior nach posterior. Die Atlanto-occipital- und die At-

lanto-axialgelenke werden in den Raum zwischen die Oberkiefer- und Unterkieferzahnreihen projiziert.

Halswirbelsäule, seitliche Fernaufnahme: Die Sagittalebene der Halswirbelsäule ist genau filmparallel eingestellt, der Zentralstrahl trifft genau senkrecht auf diese Ebene.

Felsenbeinaufnahme mit distaler Einstellung: Bei angezogenem Kinn werden erst Stirn und Nase der Kassette aufgelegt, dann erfolgt die Kopfdrehung nach einer Seite, sodaß die Sagittalebene mit der Filmebene einen Winkel von 45° bildet. Der Zentralstrahl wird 12° kopfwärts geneigt, trifft zwei Querfinger nasenwärts vom Hinterhauptshöcker auf und ist auf die Kassettenmitte gerichtet. Der filmnahe Gelenkspalt projiziert sich neben den Gelenkfortsatz des Unterkiefers, der filmferne medial vom lateralen Rand der filmnahen Orbita.

3.) Bewegungsuntersuchungen

Untersuchungen über das Bewegungsausmaß in den oberen Kopfgelenken sind relativ selten, was auf die großen Probleme bei der röntgenologischen Darstellung dieses Gebietes zurückzuführen ist. Andererseits kann auf die Zuhilfenahme der Röntgenaufnahme aus den bereits im 2. Abschnitt erwähnten Gründen nicht verzichtet werden. So heißt es bei Brocher: "Sieht man von den Angaben der Anatomen ab, so sind unsere Kenntnisse am Lebenden recht unvollkommen. Über die Beweglichkeit zwischen dem Os occipitale und dem Atlas konnten wir bis 1954 keine Angaben finden" Außer bei Brocher findet man in neuerer Zeit Arbeiten mit Angaben über Untersuchungsmaterial und-Methode von K. Lewit und L. Krausova (1962/1963). Zur Darstellung der Beweglichkeit in der Occipito-Cervical-Gegend in sagittaler Richtung

verwandte Brocher nur wirklich vergleichbare Aufnahmen und beschränkte sich deshalb auf eine Zahl von 30 Untersuchungen. Er fand eine nahezu gleich ausgiebige Beweglichkeit zwischen Os occipitale und Atlas einerseits und Atlas und Axis andererseits, mit einem Mittelwert von $15,6^{\circ}$ und $14,3^{\circ}$, mit Extremwerten bei klinisch und röntgenologisch gesunden Wirbelsäulen von 0° bis 23° im Atlanto-Occipital-Gelenk. Für das Gleiten der Kondylen in den Atlaspfannen bei Extension und Flexion des Kopfes werden Werte von 2 - 5 mm angegeben. Lewit und Krausova geben mit $15,21^{\circ}$ für die durchschnittlichen sagittalen Maximaalexkursionen im Atlanto-Occipital-Gelenk einen zu Brochers Bestimmungen fast identischen Wert an.

Nach Beobachtungen der obengenannten Autoren (Lewit u. Krausova) kommt es bei Seitneigung des Kopfes zu einer Atlasverschiebung in Richtung der Neigung und zu einer Konvergenz der Foramen-magnum-Ebene mit der Axisebene in eben dieser Richtung. Für das durchschnittliche Bewegungsausmaß des Atlas gegenüber den Kondylen wird ein Wert von 4,5 mm (bezogen auf 30 Untersuchte) angegeben. Die Maximalwerte bewegten sich dabei von 1 - 9 mm. Um diese Größen zu gewinnen, wurde der Abstand des medialen Randes der Massa lateralis atlantis von einer auf den Halbierungspunkt der Verbindungslinie beider Kondylen-spitzen gefällten Senkrechten gemessen. In der Erläuterung zu diesen Untersuchungen heißt es einmal: "Diese häufigen und unvorhersehbaren Unregelmäßigkeiten sind der Grund, warum zur Bestimmung vom tatsächlichen Bewegungsausmaß in den Kopfgelenken eine beträchtliche Anzahl verschiedener Stellungen notwendig ist und der Film eigentlich ideal wäre."

IV. VERSUCH DER BEWEGLICHKEITSDARSTELLUNG DER KONDYLENGELENKE IM RÖNTGENKINOFILM

1.) Indikationen für Röntgenkinoaufnahmen

In seiner Arbeit von 1970 über die Radiokinematographie des Kiefergelenkes macht Gitt Angaben über den zweckmäßigen Einsatz von Röntgenkinoaufnahmen. Als Grundsatz gilt, daß Filmen nur bei bewegten Objekten sinnvoll ist, also im Besonderen bei der Diagnose von Bewegungsstörungen, Bewegungshindernissen und der Beobachtung von Reflexabläufen in Anwendung kommt. Unter mehreren Beispielen für wertvolle diagnostische Hinweise durch die Radiokinematographie findet sich auch das Atlanto-occipital-Gelenk und die obere Halswirbelsäule. Als besonderer Vorteil des Verfahrens wird die räumliche Trennung des Objektdetails und seine Befreiung von Überlagerungseffekten, die Möglichkeit einer besseren räumlichen und zeitlichen Befunderhebung (zeitgedehnte Beobachtung), die gleichzeitige Fernsehkontrolle (Einstellung), sowie die gute Auswertungsmöglichkeit durch beliebige Wiederholungen der flüchtigen Durchleuchtungseindrücke im Film hervorgehoben. Daß zur Darstellung von komplizierten, nicht schematischen Bewegungsabläufen im stehenden Bild oft eine Vielzahl von Einstellungen erforderlich ist und der Film von Vorteil wäre, wurde bereits im vorhergehenden Abschnitt erwähnt.

2.) Versuchsanordnung und methode.

In einer Gemeinschaftsarbeit wurden Bewegungsuntersuchungen im Schädelbereich mit dem DiagnostN durchgeführt. Die für die einzelnen Filmaufnahmen erforderlichen Belichtungswerte mußten erst in zahlreichen Vorversuchen empirisch ermittelt werden, da je nach Einstellung und Größe des bestrahlten Feldes, sowie der Knochenstruktur des Probanden unerwünschte Helligkeitsschwankungen im Film auftraten. Als Richtwert kann eine Belichtungsstärke von 75 kv für

den Schwarzweißfilm und 90 kv für den Farbfilm gelten. Für einen Filmdurchlauf standen jeweils ca. eine Minute zur Verfügung, diese Zeitspanne läßt sich aus röhrentechnischen Gründen und wegen der Strahlenbelastung der Patienten nicht wesentlich verlängern, auch wenn dies für die kontinuierliche Darstellung mehrerer Bewegungsvorgänge oft wünschenswert wäre. Radiokinematographische Untersuchungen wurden an insgesamt 26 Patienten vorgenommen, wobei mit einem Film (60 m) und einem Probanden meist die verschiedenen Einstellungen (Kiefergelenk, oberes Kopfgelenk, Kieferbeweglichkeit, Schluckakt) der Arbeitsgruppe aufgenommen wurden.

Für die Darstellung der Beweglichkeit im Atlanto-occipital-Gelenk wurden die aufrecht sitzenden Patienten aufgefordert, Sagittal- und Lateralbewegungen (Bejahung, Kopfnicken, Kopfwackeln) sowie Drehbewegungen (Verneinung) durchzuführen. Die bewegliche Röntgenröhre des DiagnostN ging dabei von einer distalen Einstellung aus, die etwa einer Felsenbeinaufnahme nach Stenvers entspräche, und schlug eine Kreisbahn um den Schädel ein. Der ausgefahrene Kreissektor und der Einstellwinkel wurden von Fall zu Fall nach dem Monitorbild korrigiert. Zu erwähnen bliebe, daß sämtliche Filme, die andere Einstellungen am Schädel zum Ziel hatten, auf Nebenbefunde, das obere Kopfgelenk betreffend, durchgesehen wurden.

3.) Technische Daten

Röntgenanlage:	DiagnostN
Röntgenröhre:	Super-Rotalix
Bildverstärker:	Philips 16 cm
TV-System:	Philips
Filmkamera:	Arriflex 35 mm
Filmbetrachter:	Arri-Viewer
Filmmaterial:	Agfa-Gevaert Gevapan 30

4.) Ergebnisse

Bei der praktischen Durchführung theoretisch relativ einfacher Überlegungen traten erhebliche Schwierigkeiten auf. Es war fast unmöglich, die Patienten zu isolierten Bewegungen im Bereich der Kopfgelenke zu veranlassen, unwillkürlich wurden zum Teil erhebliche Exkursionen der oberen Halswirbelsäule unternommen, denen auch ein so bewegliches Gerät wie der DiagnostN nicht mehr folgen konnte. Die Bewegungen in diesen Gelenken lassen sich eben nicht so exakt willkürlich steuern wie zum Beispiel die viel einfachere Beugung und Streckung in den Schamniergelenken der Finger. Andererseits ist eine Fixierung der Halswirbelsäule nicht sinnvoll, um den Bewegungsvorgang in den Kopfgelenken nicht zu beeinträchtigen und zu verfälschen.

Die zahlreichen Projektionsmöglichkeiten, die für Röntgenaufnahmen des oberen Kopfgelenkes angegeben werden, können bei Filmaufnahmen bestensfalls als Anhaltspunkte dienen, da es bei der Untersuchung von Bewegungsvorgängen auf die Darstellung einer ganzen Region während der Funktion ankommt, gegenüber dem einfachen Röntgenbild also eine "dritte Dimension" hinzukommt, die sich kaum vorausberechnen läßt. Eine von anderen Schädelpartieen, vorallem den Felsenbeinen, überlagerungsfreie Einstellung des atlanto-occipitalen Gelenkspaltes konnte nicht gefunden werden, zumal die ohnehin subtile Projektion dieses Gebietes gerade durch die Aufforderung zu Bewegungen meist sofort zunichte gemacht wurde und das Wiederauffinden der Region im Versuchsablauf (am nicht optimal scharfen Monitorbild) praktisch dem Zufall überlassen war.

Die Auswertung der Filme führte dementsprechend nicht zu Ergebnissen, die eine einwandfreie Beurteilung der Beweglichkeit speziell des oberen Kopfgelenkes zugelassen hätten.

V. ZUSAMMENFASSUNG

Bei bekannter Anatomie der Kondylengelenke ist es unmöglich, individuelle Bewegungen des Lebenden ohne Zuhilfenahme der Röntgenologie zu erkennen. Obwohl die Einstellung im Röntgenbild klar ist, gelang es bisher trotz einer Reihe von Versuchen nicht, das Bewegungsmaß der Gelenke voll zu erfassen und befriedigend darzustellen. Auch die Zuhilfenahme der bei Bewegungsuntersuchungen bewährten Röntgenkinematographie brachte wegen der besonders schwierigen Projektionseinstellungen und der willkürlich schlecht steuerbaren Bewegungsvorgänge in den Kondylengelenken nicht den erhofften Erfolg.

VI. LITERATURVERZEICHNIS

- Brocher, I.E.W.: Die Occipito-Zervikal-Gegend
Thieme, Stuttgart, 1955
- Brocher, I.E.W.: Die Wirbelsäulenleiden und ihre Differential-Diagnose. Thieme, Stuttgart, 1970
- Buetti-Bäumli, D.: Funktionelle Röntgendiagnose der Halswirbelsäule. Thieme, Stuttgart, 1954
- Decker, K.: Atlantookzipitale Übergangsstörungen - Röntgendiagnostik und klinische Bedeutung. Wiederh. Chir. Traum. 106-131 Kar-
ger, Basel/New York 1961
- Decker, K, : Entwicklungsstörungen am atlanto-occi-
H. Fischgold, pitalen Übergang
Hacker, H.,
Metzger, I. Fortschr. Röntgenstr. 84/1956, 47 - 56
- Fick, R.: Handbuch der Anatomie und Mechanik der Gelenke, in v. Bardeleben's Handbuch der Anatomie des Menschen.
Bd II, 1, 2, 3 Fischer, Jena 1904/10/11
- Fritz, H.: Röntgendiagnostische Praxis
Köhler, V. Thieme, Leipzig, 1968
- Gitt, M.: Die Radiokinematographie des Kiefergelenkes, Med. Diss. München, 1970
- Grashey-Birkner: Atlas typischer Röntgenbilder vom normalen Menschen,
Urban u. Schwarzenberg, München, 1955
- Knese, K-H.: Kopfgelenk, Kopfhaltung u. Kopfbewegung des Menschen. Z. Anat. Entw.-Gesch. 114/1949
67-107
- v. Lanz, U.: Form und Mechanik der Kopfgelenke, in
v. Lanz: Anatomisches Seminar, München, 1963
- Lewit, K.: Beitrag zur Flexion der Halswirbelsäule
Krausova, L. Fortschr. Röntgenstr. 97/1962, 38

- Markuske, H.: Untersuchungen zur Statik und Dynamik der kindlichen Halswirbelsäule: Der Aussagewert seitlicher Röntgenaufnahmen. Die Wirbelsäule in Forschung und Praxis, Bd. 50, Hippokrates-Verl., Stuttgart 1971
- Lewit, K.: Messungen von Vor- und Rückbeuge in den Kopfgelenken, Fortschr. Röntgenstr. 99/1963, 538 - 542
- Krausova, L.
- Lewit, K.: Mechanismus und Bewegungsausmaß der Seitneigung in den Kopfgelenken. Fortschr. Röntgenstr. 101/1964, 194 - 201
- Krausova, L.
- Loeweneck, H.: Über die sensible Innervation der Articulationes intervertebrales. Med. Diss., München 1966
- Nagy, D.: Röntgenanatomie, Verlag der Ungarischen Akademie der Wissenschaften, 1959
- Sobotta-Becher: Atlas der deskriptiven Anatomie des Menschen, 1. Teil, Urban u. Schwarzenberg, München-Berlin 1957
- Strasser, H.: Lehrbuch der Muskel- und Gelenkmechanik 2. Bd. Spez. Teil, Julius Springer, Berlin 1913
- Viehweger, G.: Die Darstellung des medialen Randes der kranialen Gelenkfläche des Atlas auf den Übersichtsaufnahmen der HWS im v.d. Strahlengang, Fortschr. Röntgenstr. 84/1956, 492

LEBENS LAUF

Am 1. Februar 1947 wurde ich, Herbert Pfanner, als Sohn des Zahnarztes Dr. Heinz Pfanner und seiner Ehefrau Hilde Pfanner, geb. Ballmann, in Murnau geboren.

Dort besuchte ich von 1953 bis 1957 die Volksschule, ebenfalls in Murnau von 1957 bis 1963 die sechsklassige Oberrealschule und wechselte dann in das mathematisch-naturwissenschaftliche Gymnasium von Garmisch-Partenkirchen über, wo ich auch am 19. Juli 1966 die Reifeprüfung ablegte.

Das Studium der Zahnheilkunde begann ich im November 1966 an der Ludwig-Maximilians-Universität in München, wo ich am 24. Oktober 1967 die naturwissenschaftliche Vorprüfung und am 14. April 1969 die zahnärztliche Vorprüfung ablegte. Mein Studium beendete ich am 9. Dezember 1971 mit der erfolgreichen zahnärztlichen Prüfung vor dem Prüfungsausschuß der Universität München. Am 20. Dezember desselben Jahres erhielt ich meine Bestallung als Zahnarzt.

Seit dem 29. Februar 1972 übe ich meinen Beruf als wehrpflichtiger Stabsarzt bei der Bundeswehr aus.

